

2007P4036



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 08 994 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 H 17/00
G 01 D 3/028
G 01 S 7/521
H 04 R 17/00

⑳ Aktenzeichen: 198 08 994.5
㉔ Anmeldetag: 3. 3. 98
㉔③ Offenlegungstag: 8. 10. 98

DE 198 08 994 A 1

③⑩ Unionspriorität:
9-53494 07. 03. 97 JP
⑦① Anmelder:
Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP
⑦④ Vertreter:
Schoppe & Zimmermann, 81479 München

⑦② Erfinder:
Watanabe, Koichi, Nagaokakyo, JP; Ochiai, Chitaka,
Nagaokakyo, JP; Ohta, Junshi, Nagaokakyo, JP;
Kota, Masaharu, Nagaokakyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Ultraschallsensor mit Temperaturkompensationskondensator

⑤⑦ Ein Ultraschallsensor weist einen eingebauten Temperaturkompensationskondensator auf, der in einem Gehäuse gehäust ist, und erleichtert ein Kontaktierungsverbindungsverfahren von Zuleitungsdrähten innerhalb des Gehäuses und ein Verbindungsüberprüfungsverfahren, während die Zuverlässigkeit erhöht wird. Der Ultraschallsensor ist für eine Temperaturkompensation mit einem piezoelektrischen Vibrationselement und einem Kondensator versehen, die beide in einem Gehäuse gehäust sind. Der Temperaturkompensationskondensator umfaßt ein Elektrodenpaar, das auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers angeordnet ist, wodurch ermöglicht wird, daß der Ultraschallsensor auf der einen gemeinsamen Oberfläche mit den Zuleitungsdrähten elektrisch verbunden wird.

DE 198 08 994 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf Ultraschallsensoren für eine Verwendung beim Erfassen von Hindernissen oder dergleichen durch eine Übertragung und einen Empfang von Ultraschallwellen, und insbesondere auf Verbesserungen bei Ultraschallsensoren, die ein piezoelektrisches Element und einen Temperaturkompensationskondensator, die in einem Gehäuse enthalten sind, aufweisen.

Bekannte Ultraschallsensoren sind herkömmlicherweise für eine Verwendung beispielsweise als Hinderniserfassungssensoren in Landfahrzeugen angepaßt. Fig. 12 ist eine Querschnittansicht, um ein Beispiel der Ultraschallsensoren dieses Typs zu erklären.

Wie es in Fig. 12 gezeigt ist, umfaßt ein Ultraschallsensor 61 ein zylindrisches, aus einem gewünschten Metall hergestelltes Gehäuse 62 mit einem geschlossenen Ende. Eine geschlossene Endoberfläche 62a des Gehäuses 62 ist für eine Übertragung und einen Empfang von Ultraschallwellen angepaßt.

Ein piezoelektrisches Vibrationselement 63 ist innerhalb der Endoberfläche 62a des Gehäuses 62 befestigt. Das piezoelektrische Vibrationselement 63 umfaßt eine piezoelektrische Keramikplatte, die eine Struktur aufweist, damit Elektroden (nicht gezeigt) auf den zwei Hauptoberflächen der piezoelektrischen Keramikplatte, die aus einem auf PZT basierenden piezoelektrischen Keramikmaterial besteht, angeordnet werden können.

Ein schallabsorbierendes Bauglied 64, das aus einem gewünschten Polyesterfützmaterial hergestellt ist, ist in der Nähe des piezoelektrischen Vibrationselements 63 angeordnet.

Ferner ist in dem Gehäuse 62 über dem schallabsorbierenden Bauglied 64 ein Temperaturkompensationskondensator 65 angeordnet. Der Temperaturkompensationskondensator 65 weist eine Struktur auf, die es ermöglicht, daß auf den beiden Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 Elektroden gebildet werden. Eine Hauptoberflächenelektrode des Temperaturkompensationskondensators 65 ist mittels eines Zuleitungsdrahtes 66a mit dem piezoelektrischen Vibrationselement 63 elektrisch verbunden. Die verbleibende Hauptoberflächenelektrode des Temperaturkompensationskondensators 65 ist über einen Zuleitungsdraht 66b mit dem Gehäuse 62 elektrisch verbunden. Es wird angemerkt, daß das Gehäuse 62 mit der anderen Hauptoberfläche (d. h. einer unteren Oberfläche, wie es aus der Zeichnung ersichtlich ist) des piezoelektrischen Vibrationselements 63 elektrisch gekoppelt ist.

Mehrere Herausführungs- oder "externe" Zuleitungsdrähte 67a, 67b sind jeweils mit den Elektroden auf beiden Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 verbunden. Die externen Zuleitungsdrähte 67a, 67b sind mit einem Verbinder 68 elektrisch gekoppelt, der außerhalb des Gehäuses vorgesehen ist.

Der Innenraum des Gehäuses 62 ist mit einem schallabsorbierenden Silikonklebstoff 69 gefüllt, um eine ungewollte Reflexion von Ultraschallwellen zu beseitigen. Ferner ist ein schallabsorbierendes Bauglied 70 angeordnet, um die offene Endseite des Gehäuses 62 abzudecken. Das schallabsorbierende Bauglied 70 kann aus einem aufgeschäumten Polyurethan hergestellt sein.

Bei dem Ultraschallsensor 61 ist der Temperaturkompensationskondensator 65 unter Berücksichtigung der Tatsache angeordnet und aufgebaut, daß die elektrostatische Kapazität des piezoelektrischen Vibrationselements 63 mit einer Änderung der Temperatur deutlich variieren kann, woraus sich variierende oder abweichende Resonanzeigenschaften ergeben.

Eine Beseitigung des Temperaturkompensationskondensators 65 würde jedoch die Funktionsfähigkeit der Kontaktierungsverbindungen reduzieren, die durch Anlöten der Zuleitungsdrähte 66a, 66b, 67a, 67b während des Zusammenbaus des Ultraschallsensors 61 hergestellt werden.

Insbesondere während des Zusammenbaus des Ultraschallsensors 61 ist es notwendig, daß die Kontaktierungsverbindungen mittels der Zuleitungsdrähte 66a, 66b vor der Injektion oder dem Packen des Silikonharzes 69 in das Gehäuse 62 fertiggestellt sind. Da der Temperaturkompensationskondensator 65 derart strukturiert und angeordnet ist, daß die Elektroden auf den zwei Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 angeordnet sind, ist es ungünstigerweise notwendig, jeden einzelnen dieser Zuleitungsdrähte 66a, 66b mittels Löttechniken mit einer entsprechenden Elektrode auf den jeweiligen Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 einzeln zu verbinden, während gleichzeitig der Temperaturkompensationskondensator 65 an einer bestimmten Position, die in Fig. 12 gezeigt ist, feststehend gehalten werden muß, wodurch die Komplexität und die Schwierigkeit des Drahtkontaktierungsverfahrens erhöht wird.

Zusätzlich ist es während der Injektion des Silikonharzes 69 erforderlich, daß Arbeiter mittels einer Sichtprüfung überprüfen, ob sich die Zuleitungsdrähte 66a, 66b zuverlässig und sicher in Kontakt mit dem Temperaturkompensationskondensator 65 befinden, und sicherstellen, daß sich die Zuleitungsdrähte 66a, 66b nicht zufällig von dem Temperaturkompensationskondensator 65 gelöst haben. Da bei dieser Struktur die Zuleitungsdrähte 66a, 66b mit beiden Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 gekoppelt sind, ist es notwendig, jede der zwei Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 mittels zeitaufwendiger Sichtprüfungsverfahren visuell zu überprüfen, wobei menschliches Versagen und Fehler bei der Beurteilung auftreten können.

Ferner war es hinsichtlich der Kontaktierungsverbindung der Zuleitungsdrähte 67a, 67b notwendig, daß Arbeiter vor dem Aushärten des schallabsorbierenden Materials 70 überprüfen, ob die Zuleitungsdrähte 67a, 67b zuverlässig mit dem Temperaturkompensationskondensator 65 gekoppelt sind. Aufgrund der Tatsache, daß diese Zuleitungsdrähte 67a, 67b jeweils mit den Elektroden auf beiden Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 verbunden werden sollen, war es ferner notwendig, daß Arbeiter jede der zwei Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 überprüfen.

Da der Temperaturkompensationskondensator 65 eine Struktur zum Beseitigen der elektrostatischen Kapazität von den Elektroden, die an beiden Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 angeordnet sind, aufweist, bleibt die resultierende Gesamtgröße des Gerätes außerdem relativ groß. Folglich kann beim Anlegen von Wärmestößen von außerhalb des Gerätes eine Verformung stattfinden. Ein weiteres Problem, das bei bekannten Geräten auftritt, besteht darin, daß aufgrund der relativ großen Abmessung des Temperaturkompensationskondensators 65 und ferner aufgrund einer erhöhten Fläche, die für einen Kontakt zwischen dem Silikonharz 69 und dem Temperaturkompensa-

tionskondensator 65 erforderlich ist, während der Injektion des Silikonharzes 69 Gasblasen oder Lufthohlräume in dem Gehäuse 62 auftreten können, die eine Reflexion der Ultraschallwellen verursachen können.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß sich aufgrund der Tatsache, daß der Temperaturkompensationskondensator 65 relativ große Abmessungen aufweisen muß, eine Ultraschallwellenreflexion, die durch den Temperaturkompensationskondensator 65 verursacht wird, über vernachlässigbaren Pegeln befinden kann.

Zusätzlich ergibt die Anordnung des Temperaturkompensationskondensators 65 in einer spezifischen Ausrichtung, bei der sich die Hauptoberflächen des Temperaturkompensationskondensators 65 in rechten Winkeln zu dem piezoelektrischen Vibrationselement 63 befinden, eine bemerkbare Erhöhung des Abstandes von dem oberen Ende des Temperaturkompensationskondensators 65 zu dem piezoelektrischen Vibrationselement 63. Aus diesem Grund ist die Temperaturempfindlichkeit oder das Temperaturfolgevermögen des Kondensators 65 hinsichtlich Temperaturänderungen des Vibrationselements 63 nicht ausreichend, wodurch es unmöglich wird, ausreichende Temperaturkompensationsfunktionen zu erhalten.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Ultraschallsensor zu schaffen, der sowohl einen einfacheren mechanischen Aufbau als auch verbesserte Temperaturkompensationseigenschaften und eine erhöhte Zuverlässigkeit aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Ultraschallsensor gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 7 gelöst.

Um die oben beschriebenen Probleme zu überwinden, schaffen die bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung einen Ultraschallsensor mit einem piezoelektrischen Vibrationselement und einem Temperaturkompensationskondensator, die in einem Gehäuse gehäust sind, wobei der Sensor sowohl eine ausgezeichnete Zuverlässigkeit als auch eine Struktur aufweist, die einen einfacheren Zusammenbau und eine viel einfachere elektrische Kopplung des Temperaturkompensationskondensators ermöglicht.

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ferner einen Ultraschallsensor mit einer spezifischen Struktur, die das Auftreten einer Verformung in dem Temperaturkompensationskondensator beim Anlegen von Wärmestößen an denselben reduziert, die Erzeugung von Luftblasen während der Injektion von elastischen Harzmaterialien zum Füllen der Innenseite des Gehäuses unterdrückt und jede unerwünschte Ultraschallwellenreflexion beseitigt.

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung schaffen ferner einen Ultraschallsensor mit einem Temperaturkompensationskondensator, wobei der Sensor ein ausgezeichnetes Folgevermögen oder "Folgefähigkeit" des Temperaturkompensationskondensators hinsichtlich Temperaturänderungen eines zugeordneten piezoelektrischen Vibrationselements erreicht, wodurch folglich eine verbesserte Temperaturkompensationsfunktion erreicht wird.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Ultraschallsensor ein Gehäuse, ein piezoelektrisches Vibrationselement, das in dem Gehäuse gehäust ist, einen Temperaturkompensationskondensator, der in dem Gehäuse gehäust ist, ein Elektrodenpaar, das auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des Temperaturkompensationskondensators vorgesehen ist, ein Paar von ersten Zuleitungsdrähten, die das piezoelektrische Element und den Temperaturkompensationskondensator über das Elektrodenpaar jeweils elektrisch verbinden, und ein Paar von zweiten Zuleitungsdrähten, die jeweils mit dem Temperaturkompensationskondensator über das Elektrodenpaar verbunden sind und sich von einer Innenseite zu einer Außenseite des Gehäuses erstrecken.

Es wird angemerkt, daß der erste und zweite Zuleitungsdraht als einzelner, kofunktionaler Zuleitungsdraht gebildet sein kann.

Da ein Temperaturkompensationskondensator eine Struktur aufweist, bei der ein Elektrodenpaar auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche desselben angeordnet sind, wird es gemäß dem oben beschriebenen Ultraschallsensor möglich, das Kontaktierungsverbindungsverfahren der zugeordneten Zuleitungsdrähte hinsichtlich des Temperaturkompensationskondensators in dem Gehäuse einfacher durchzuführen, während gleichzeitig eine einfache Überprüfung der kontaktierten Abschnitte zwischen dem Temperaturkompensationskondensator und den Zuleitungsdrähten vor der Injektion und dem Packen eines elastischen Harzes in die Innenseite des Gehäuses ermöglicht wird. Folglich wird sowohl die Produktivität beim Zusammenbau der Ultraschallsensoren als auch die Zuverlässigkeit und das Verhalten der Ultraschallsensoren erhöht, während die Herstellungskosten reduziert werden.

Bei dem obigen Ultraschallsensor beträgt die Größe des Temperaturkompensationskondensators vorzugsweise weniger als $\lambda/4$ in der Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwellen, wobei λ eine Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, die in dem piezoelektrischen Vibrationselement erzeugt wird.

Wenn die Größe des Temperaturkompensationskondensators kleiner als $\lambda/4$ in der Ultraschallwellenausbreitungsrichtung ist, wobei λ die Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, ist es möglich, die Erzeugung einer unnötigen oder "Fremd"-Reflexion zu beseitigen, die durch das Vorhandensein von Komponenten einer stehenden Welle einer Ultraschallwelle verursacht wird, während gleichzeitig die Wärmestabilität gesteigert wird, wobei es ferner möglich ist, das Risiko zu unterdrücken, daß während des Packens des elastischen Harzes Luftblasen erzeugt werden. Es ist ferner aufgrund des Unterdrückens von Luftblasen möglich, eine unerwünschte Ultraschallwellenreflexion, die ansonsten auftritt, zu beseitigen, wobei es ferner möglich ist, eine Reflexion von unerwünschten Ultraschallwellen zu unterdrücken, die durch den Kondensator selbst verursacht werden kann. Dies macht es möglich, eine Miniaturisierung des Ultraschallsensors zu erreichen, während die Wärmestabilität und Meßgenauigkeit verbessert wird.

Bei dem obigen Ultraschallsensor beträgt ein Abstand zwischen einem Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators, der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement beabstandet ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement vorzugsweise weniger als $\lambda/4$ in der Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle, wobei λ die Wellenlänge der Ultraschallwelle ist, die in dem piezoelektrischen Vibrationselement erzeugt wird.

Wenn der Abstand zwischen dem bestimmten Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators, der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement beabstandet ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement weniger als $\lambda/4$ beträgt, ist die Temperaturfolgefähigkeit des Temperaturkompensationskondensators hinsichtlich des piezoelektrischen Vibrationselements gesteigert, wodurch eine wirksame Unterdrückung von Änderungen der Ultraschallsensormeßgenauigkeit aufgrund einer Temperaturänderung ermöglicht wird, was wiederum zu einer Zuverlässigkeit führt,

wodurch ein Ultraschallsensor bereitgestellt wird, der stabile Temperatureigenschaften aufweist.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

5 **Fig. 1** ein Diagramm, das einen Querschnitt eines Ultraschallsensors gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Temperaturkompensationskondensators, der bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendet werden kann.

10 **Fig. 3 und 4** Diagramme, die jeweils eine perspektivische Ansicht eines weiteren beispielhaften Temperaturkompensationskondensators zeigen, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

Fig. 5 einen Querschnitt eines Ultraschallsensors gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ein Diagramm, das eine Schaltungskonfiguration eines Ultraschallsensors des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels zeigt.

15 **Fig. 7A** einen Querschnitt eines Ultraschallsensors gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und **Fig. 7B** eine Schaltungskonfiguration desselben.

Fig. 8 ein Schaltungsdiagramm einer Meßschaltungsanordnung, die beim Messen der Eigenschaften eines Ultraschallsensors gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

20 **Fig. 9** einen graphischen Verlauf, der einen Signalverlauf darstellt, der auf einem Oszilloskop beobachtet wird, zur Erklärung der Meßergebnisse des Ultraschallsensors gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel.

Fig. 10 ein graphischer Verlauf zur Erklärung der Temperatureigenschaften des Sensors gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel.

Fig. 11 ein Diagramm zur Erklärung der Temperatureigenschaften von Ultraschallsensoren gemäß dem ersten und zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel und einem im Stand der Technik bekannten Sensor.

25 **Fig. 12** einen Querschnitt eines im Stand der Technik bekannten Ultraschallsensors.

Fig. 1 stellt einen Ultraschallsensor gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung im Querschnitt dar. Wie es gezeigt ist, ist der Ultraschallsensor 1 derart aufgebaut, daß ein piezoelektrisches Vibrationselement 3 in einem zylindrischen Gehäuse 2 angeordnet ist. Das zylindrische Gehäuse 2 kann aus einem gewünschten Metall, wie z. B. Aluminium, oder einem anderen geeigneten Material hergestellt sein. Das Gehäuse 2 ist an seinem unteren Teil geschlossen, wodurch eine Übertragung und ein Empfang von Ultraschallwellen von einer unteren Endoberfläche 2a ermöglicht wird.

30 Ein piezoelektrisches Vibrationselement 2 ist mit einem inneren Abschnitt der Endoberfläche 2a verbunden. Das piezoelektrische Vibrationselement 3 weist eine Struktur auf, die es ermöglicht, daß Elektroden (nicht gezeigt) auf beiden Hauptoberflächen einer piezoelektrischen Platte, die das piezoelektrische Vibrationselement 3 bildet, angeordnet werden, wobei die Platte aus einem auf PZT basierenden piezoelektrischem Keramikmaterial hergestellt ist. Es wird angemerkt, daß die untere Elektrode über einen gewünschten Klebstoff (nicht gezeigt) mittels Direktkontakt mit dem Gehäuse 2 verbunden ist. Das Gehäuse 2 besteht aus einem metallischen Material, so daß die Elektrode an der unteren Oberfläche des piezoelektrischen Vibrationselements 3 mit dem Gehäuse 2 elektrisch verbunden ist.

40 Ein schallabsorbierendes Bauglied 4 ist über dem piezoelektrischen Vibrationselement 3 angeordnet. Das schallabsorbierende Bauglied 4 ist vorgesehen, um Reflexionen von unerwünschten Ultraschallwellenkomponenten zu absorbieren. Für das akustische Material 4 können beliebige geeignete Materialien verwendet werden, solange diese Materialien eine Reflexion von unerwünschten Ultraschallwellen beseitigen können. Bei diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Polyesterfilzbauglied verwendet, obwohl die vorliegende Erfindung nicht ausschließlich auf dasselbe begrenzt sein sollte.

45 Ein Temperaturkompensationskondensator 5 ist über dem schallabsorbierenden Bauglied 4 angeordnet. Wie es detailliert in **Fig. 2** gezeigt ist, weist der Temperaturkompensationskondensator 5 eine Struktur auf, bei der Elektroden 5b, 5c an beiden Enden eines dielektrischen Körpers 5a angeordnet sind, der eine im wesentlichen rechtwinkelige Form aufweist. Dieser Kondensator 5 ist vorzugsweise aus einem mehrschichtigen Keramikmaterial aufgebaut, wobei der dielektrische Körper 5a aus einem dielektrischen Keramikmaterial hergestellt ist und eine Mehrzahl von Innenelektroden umfaßt, die angeordnet sind, um eine interne elektrostatische Kapazität aus der Oberfläche herauszuführen. Diese Innenelektroden sind entweder mit der Elektrode 5b oder der Elektrode 5c, die in **Fig. 2** gezeigt sind, elektrisch verbunden.

50 Jede der Elektroden 5b, 5c ist angeordnet, um sich von einer Endoberfläche des dielektrischen Körpers 5a zu erstrecken, deckt weitere vier Oberflächen ab, koppelt oder paßt mit denselben zusammen. Folglich ist das Elektrodenpaar 5b, 5c auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a, d. h. beispielsweise einer oberen Oberfläche 5d, vorhanden. Es wird hier angemerkt, daß bei dem Temperaturkompensationskondensator 5 die Elektroden 5b, 5c zu der oberen Oberfläche 5d ferner entweder auf einer unteren Oberfläche oder einem Seitenoberflächenpaar zusätzlich vorhanden sein können.

Im folgenden wenden wir uns wieder **Fig. 1** zu. Eine Elektrode (nicht gezeigt) an einer oberen Oberfläche des piezoelektrischen Vibrationselements 3 ist mittels eines Zuleitungsdrahtes 6a mit der Elektrode 5b des Temperaturkompensationskondensators 5 elektrisch verbunden. Ferner ist die Elektrode 5c des Temperaturkompensationskondensators 5 mittels eines Zuleitungsdrahtes 6b mit dem Metallgehäuse 2 elektrisch verbunden. Die Kontaktierungsverbindung der Zuleitungsdrähte 6a, 6b wird mittels Löttechniken unter Verwendung eines leitfähigen Klebstoffes oder weiterer geeigneter Techniken durchgeführt.

65 Da das Elektrodenpaar 5b, 5c auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a angeordnet ist, ist es bei dem Ultraschallsensor 1 dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels möglich, ohne weiteres eine Kopplung oder Kontaktierung der Zuleitungsdrähte 6a, 6b mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 vorzunehmen. Insbesondere dort, wo diese Zuleitungsdrähte 6a, 6b mit den Elektroden 5b, 5c beispielsweise mittels Löttechniken gekoppelt oder kontaktiert sind, kann aufgrund der Tatsache, daß diese Elektroden 5b, 5c auf dieser einen einzigen gemeinsamen Ober-

fläche des dielektrischen Körpers 5a angeordnet sind, das Verfahren zum Koppeln der Zuleitungsdrähte 6a, 6b ohne weiteres auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a durchgeführt werden.

Es wird ferner angemerkt, daß ein elastisches Harz 7 in das Gehäuse 2 gepackt ist, um das Innere des Gehäuses 2 zu füllen. Das elastische Harz 7 besteht aus einem gewünschten Harz, das eine ausgezeichnete Elastizität oder Nachgiebigkeit aufweist, wie z. B. Silikonharz, Butylgummi oder dergleichen, um dadurch eine ungewollte Ultraschallwellenreflexion zu unterdrücken.

Vor dem Füllen des Gehäuses 2 mit dem elastischen Harz 7 muß das Kontaktierungsverbindungsverfahren der Zuleitungsdrähte 6a, 6b abgeschlossen sein. Es ist folglich während der Injektion des elastischen Harzes 7 erforderlich, daß eine Sichtprüfung durchgeführt werden muß, um zu überprüfen, ob die Zuleitungsdrähte 6a, 6b fest mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 kontaktiert und gekoppelt sind. Da die Zuleitungsdrähte 6a, 6b mit den Elektroden auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a des Temperaturkompensationskondensators 5 verbunden sind, wird es bei dem Ultraschallsensor 1 dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels möglich, durch eine einmalige Sichtprüfung den Kontakt/Verbindungszustand dieser Zuleitungsdrähte 6a, 6b einfach zu überprüfen.

Insbesondere war es bei dem Stand der Technik bekannten Ultraschallsensor 61 erforderlich, daß, nachdem die Sichtprüfung durchgeführt wurde, um einen Kontaktabschnitt auf einer Hauptoberfläche des Temperaturkompensationskondensators 65 zu überprüfen, eine Überprüfung des verbleibenden Kontaktabschnittes auf der gegenüberliegenden Hauptoberfläche des Kondensators 65 wiederholt ausgeführt werden muß. Im Gegensatz dazu ist es mit dem Ultraschallsensor 1 dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung möglich, beide Kontaktflächen, die auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a angeordnet sind, mit einer einzigen Sichtprüfung zu überprüfen.

Verlängerungszuleitungsdrähte 8a, 8b sind mittels Löttechniken oder dergleichen mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 verbunden. Die Verlängerungszuleitungsdrähte 8a, 8b sind angeordnet, um sich von einem inneren Teil zu einem äußeren Teil des Gehäuses 2 zu erstrecken, und sind daraufhin mit einem Stecker 9 verbunden. Der Stecker 9 ist vorgesehen, um eine schnelle Verbindung mit einer zugeordneten Komponente, die einen Verstärker umfaßt, der ein Ausgangssignal des Ultraschallsensors 1 bereitstellt, zu ermöglichen.

Hinsichtlich einer Kontaktierungsverbindung der Verlängerungszuleitungsdrähte 8a, 8b mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 muß diese Kontaktierung vor dem Füllen mit dem elastischen Harz 7 durchgeführt werden. In diesem Fall ist es auch möglich, den Kontaktzustand dieser Verlängerungszuleitungsdrähte 8a, 8b hinsichtlich des Temperaturkompensationskondensators 5 durch eine Sichtprüfung in einem einzigen Schritt einfach zu überprüfen.

Ferner ist die Größe des Temperaturkompensationskondensators 5 in der Ultraschallwellenausbreitungsrichtung vorzugsweise entworfen, um kleiner als ein Viertel der Ultraschallwellenlänge λ zu sein. Bei einem praktischen Beispiel sind die Länge l, die Breite w und die Dicke t, die in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel von Fig. 2 gezeigt sind, vorzugsweise derart angeordnet, daß $l = 3,3$ mm, $w = 1,6$ mm und $t = 0,6$ mm. Anders ausgedrückt, die akustische Wellenausbreitungsgeschwindigkeit oder -Rate C in Luft mit einer Temperatur von 20°C beträgt $C = 344$ m/sek. Bei einer Frequenz von 40 kHz ist die Wellenlänge λ gegeben durch $\lambda = C/f = 8,6$ mm. Folglich ist $\lambda/4 = 2,15$ mm, so daß die Breite $W = 1,6$ mm kleiner als $\lambda/4$ ist. Zusätzlich beträgt der Abstand zwischen dem piezoelektrischen Vibratonelement und dem Abschnitt des piezoelektrischen Vibrationselements des Temperaturkompensationskondensators, der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement beabstandet ist, vorzugsweise ungefähr gleich 2,0 mm. Dieser Abstand ist ferner vorzugsweise kleiner als $\lambda/4$.

Die im vorhergehenden genannte Größe W des Temperaturkompensationskondensators 5 ist kleiner als $\lambda/4$, so daß keine unnötige Reflexion stattfindet, die andernfalls aufgrund des Vorhandenseins von Komponenten einer stehenden Welle der Ultraschallwellen auftreten würden. Außerdem ist aufgrund der Tatsache, daß aufgrund von Wärme kaum eine Verformung auftritt, selbst bei einem externen Anlegen von Wärmestößen an den Ultraschallsensor die Wärmestabilität gesteigert.

Da zusätzlich der Kontaktbereich zwischen dem Temperaturkompensationskondensator 5 und dem elastischen Harz 7 während der Injektion und dem Packen des elastischen Harzes 7 klein bleibt, treten kaum Luftblasen auf, wodurch folglich eine Unterdrückung einer unerwünschten Ultraschallwellenreflexion ermöglicht wird, die ansonsten aufgrund der Erzeugung dieser Luftblasen auftreten würden.

Es sollte angemerkt werden, daß, obwohl bei diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Mehrschichtkondensator eine im wesentlichen rechtwinklige Quaderform zum Bilden des Temperaturkompensationskondensators 5 aufgewiesen hat, die Struktur der bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung, die als der Temperaturkompensationskondensator verwendbar ist, nicht ausschließlich darauf begrenzt sein sollte. Mit anderen Worten, es können beliebige Kondensatoren mit geeigneten Strukturen ferner verwendet werden, solange dieselben aufgebaut sind, um ein Elektrodenpaar auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers aufzuweisen.

Wie es in Fig. 3 gezeigt ist, kann beispielsweise ein Kondensator 10 verwendet werden, der aus einem im wesentlichen kreis- oder scheibenförmigen dielektrischen Körper 10a mit einem Elektrodenpaar 10b, 10c, das auf zumindest einer gemeinsamen Oberfläche desselben angeordnet ist, aufgebaut ist. Wie es in Fig. 4 gezeigt ist, kann ferner alternativ ein Kondensator 11 mit einem scheibenförmigen dielektrischen Körper 11a und einem Elektrodenpaar 11b, 11c, das auf zumindest einer gemeinsamen Hauptoberfläche desselben gebildet ist, und mit einem unterschiedlichen Elektrodenbereich oder einer planaren Abdeckung voneinander verwendet werden. Die scheibenförmigen dielektrischen Körper 10a, 11a können alternativ in anderen Formen entworfen sein, die im wesentlichen Formen rechtwinkliger Platten oder dergleichen aufweisen.

Da bei den Kondensatoren das Elektrodenpaar 10b, 10c oder 11b, 11c auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche angeordnet ist, werden hinsichtlich der Kondensatoren 10, 11 dieselben Auswirkungen und Vorteile erreicht, wie sie bei dem in Fig. 1 gezeigten Ultraschallsensor 1 erhalten wurden, wenn einer dieser Kondensatoren 10, 11 anstelle des Temperaturkompensationskondensators 5 verwendet wird.

Falls die Kondensatoren 10, 11, die in den Fig. 3 und 4 gezeigt sind, ferner eine Größe bezüglich der Ultraschallwellenausbreitungsrichtung aufweisen, die weniger als $\lambda/4$ beträgt, und einen Abstand zwischen einem piezoelektrischen

Vibrationselement und dem Abschnitt der Kondensatoren, der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement entfernt ist, aufweisen, der geringer als $\lambda/4$ ist, ist es möglich, d. h. auf eine Art und Weise, die zu dem Fall des Verwendens des Temperaturkompensationskondensators 5 ähnlich ist, i) eine Verbesserung der Wärmestoßstabilität, ii) eine Unterdrückung einer ungewollten Ultraschallwellenreflexion, die durch die Erzeugung von Luftblasen verursacht wird, und iii) eine Unterdrückung einer unerwünschten Ultraschallwellenreflexion, die durch den Temperaturkompensationskondensator selbst verursacht wird, zu erhalten.

Ferner sollte bei den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung das Material, das den dielektrischen Körper des Temperaturkompensationskondensators bildet, nicht auf das dielektrische Keramikmaterial alleine beschränkt sein, sondern kann ferner aus anderen Materialien, die Harz oder Äquivalente desselben umfassen, hergestellt werden.

Auf diese Weise wird das Temperaturfolgeverhalten des Temperaturkompensationskondensators 5 hinsichtlich einer Temperaturänderung des piezoelektrischen Vibrationselements 3 verbessert, indem der Abstand x (gezeigt in Fig. 1) kleiner als $\lambda/4$ gelassen wird, während gleichzeitig bewirkt wird, daß der Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators 5, der am weitesten entfernt von dem piezoelektrischen Vibrationselement 3 angeordnet ist, im Vergleich zu dem Fall des im Stand der Technik bekannten Ultraschallsensors 1 näher an dem piezoelektrischen Vibrationselement 3 angeordnet ist. Folglich sollte es ohne weiteres ersichtlich sein, daß eine gewünschte Temperaturkompensationsfunktion, die durch den Temperaturkompensationskondensator 5 durchgeführt wird, ausreichend erreichbar ist.

Bezüglich der Kondensatoren 10, 11, die in Fig. 3 und 4 gezeigt sind, ist es auf eine zu dem Fall, bei dem der Temperaturkompensationskondensator 5 verwendet wird, entsprechende Art und Weise möglich, i) eine Verbesserung der Wärmestoßstabilität, ii) eine Unterdrückung einer ungewollten Ultraschallwellenreflexion aufgrund der Erzeugung von Luftblasen, und iii) eine Unterdrückung einer ungewollten Ultraschallwellenreflexion durch den Temperaturkompensationskondensator selbst zu erreichen.

Ein Ultraschallsensor gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist im allgemeinen durch das Bezugszeichen 21 in Fig. 5 bezeichnet, das eine Schaltungsconfiguration, die in Fig. 6 dargestellt ist, aufweist. Der Ultraschallsensor 21 von Fig. 5 weist eine zu dem Ultraschallsensor 1 des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels ähnliche Struktur auf, wobei ferner ein Übertragerelement 22, das als induktives Element wirksam ist, und ein resistives Element 23 im Inneren des Gehäuses 2 zusätzlich zu dem Temperaturkompensationskondensator 5 angeordnet sind. Folglich sind bestimmten Teilen oder Komponenten, die denen des in Fig. 1 dargestellten Ultraschallsensors 1 entsprechen, folglich zum Zweck der Klarheit dieselben Bezugszeichen zugeordnet; detaillierte Erklärungen derselben werden folglich weggelassen, da die Erklärungen bezüglich des in Fig. 1 dargestellten Ultraschallsensors 1 hierin aufgenommen werden.

Ein Zuleitungsdraht 6a, der sich mit einer Elektrode (nicht gezeigt) an der oberen Oberfläche des piezoelektrischen Vibrationselements 3 in Kontakt befindet, ist mit einer Elektrode 5b des Temperaturkompensationskondensators 5 elektrisch verbunden. Das Übertragerelement 22 ist mit dieser Elektrode 5b über einen Zuleitungsdraht 24a verbunden. Das Übertragerelement 22 ist ferner über einen Zuleitungsdraht 24b entsprechend mit der verbleibenden Elektrode 5c des Temperaturkompensationskondensators 5 verbunden. Das resistive Element 23 ist mittels eines Zuleitungsdrahts 25a mit der Elektrode 5c verbunden.

Das resistive Element 23 umfaßt Elektroden 23b, 23c, die auf beiden Enden eines Widerstandskörpers 23a angeordnet sind. Der Zuleitungsdraht 25a ist mit einer Elektrode 23b elektrisch verbunden. Ferner ist ein Zuleitungsdraht 25b mit der Elektrode 23b verbunden, während bewirkt wird, daß der Zuleitungsdraht 25b mit dem Gehäuse 2 an dem anderen Ende desselben elektrisch gekoppelt ist.

Andererseits ist ein Verlängerungszuleitungsdraht 25c mit der verbleibenden Elektrode 23c des resistiven Elements 23 elektrisch verbunden. Dieser Verlängerungszuleitungsdraht 25c erstreckt sich von der Innenseite des Gehäuses zu der Außenseite des Gehäuses 2. Ferner ist das Übertragerelement 22 mit Verlängerungszuleitungsdrähten 26a, 26b gekoppelt. Die Verlängerungszuleitungsdrähte 26a, 26b, 25c sind mit einem Verbinder (nicht gezeigt) verbunden, der an der Außenseite des Gehäuses 2 vorgesehen ist.

Bei diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ferner der Temperaturkompensationskondensator 5 strukturell angeordnet, um ein Elektrodenpaar 5b, 5c, das auf einer gemeinsamen Oberfläche des dielektrischen Körpers 5a gebildet ist, aufzuweisen. Es ist folglich möglich, das Kontaktierungsverfahren für eine Verbindung der Zuleitungsdrähte 6a, 25a, 24a, 24b mit dem Temperaturkompensationskondensator entsprechend dem Verfahren des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels zu vereinfachen.

Außerdem ist dieses Element bezüglich des resistiven Elements 23 derart konfiguriert, daß die Elektroden 23b, 23c auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des Widerstandskörpers 23a plaziert sind. Folglich ist es möglich, das Verfahren zum Koppeln der Zuleitungsdrähte 25a, 25b, 25c mit dem resistiven Element 23 entsprechend dem Fall des Temperaturkompensationskondensators 5 zu vereinfachen.

Folglich wird bei dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel ferner das Zuleitungsdrahtkontaktierungs/Kopplungsverfahren viel einfacher durchgeführt, wodurch eine einfache Überprüfung der Kontaktabschnitte dieser Zuleitungsdrähte während des Packens des elastischen Harzes 7 ermöglicht wird.

Es sollte angemerkt werden, daß, da der Temperaturkompensationskondensator 5 derart entworfen ist, daß sich seine maximale Außenabmessung oder Größe wie bei dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel vorzugsweise innerhalb etwa 5 mm befindet, es möglich ist, d. h. entsprechend dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, i) eine Verbesserung der Wärmestoßstabilität, ii) eine Unterdrückung einer ungewollten Ultraschallwellenreflexion, die durch eine Erzeugung von Luftblasen verursacht wird, und iii) eine Unterdrückung einer unerwünschten Ultraschallwellenreflexion an dem Temperaturkompensationskondensator 5 zu erreichen.

Vorzugsweise kann das Entwurfsschema für eine maximale Außenabmessung von ungefähr 5 mm ferner auf das resistive Element 23 und das Übertragerelement 22 angewendet werden, wodurch entsprechende Funktionen und Vorteile, die im vorhergehenden festgestellt wurden, erreichbar werden.

Wie es im vorhergehenden erörtert wurde, ist der Ultraschallsensor 21 angeordnet, um darin ein eingebautes Übertra-

gerelement 22 und ein resistives Element 23 aufzunehmen, die auf die im vorhergehenden erwähnte Art und Weise verbunden sind. Folglich ist es aus der Betrachtung des in Fig. 6 dargestellten Schaltungsdiagramms offensichtlich, daß der Temperaturkompensationskondensator 5 und das Übertragerelement 22 ebenso wie das resistive Element 23 einen eingebauten LCR-Resonator bilden, der ein integraler Bestandteil in dem Gehäuse 2 ist.

In Fig. 6 bezeichnen die Bezugszeichen "L₁" und "L₂" Primärseiten- und Sekundärseiteninduktivitäten des Übertragerelements 22; "C₁" gibt die elektrostatische Kapazität des Temperaturkompensationskondensators 5 an; "R₁" zeigt den Widerstandswert des resistiven Elements 23; und "R₀", "L₀", "C₀" und "C_d" zeigen die Teile, die ein Ersatzschaltbild des piezoelektrischen Vibrationselements 3 bilden.

Da die Induktivität L₂ und die Kapazität C₁, C_d hier einen Parallelresonanzkreis bilden, kann die Resonanzfrequenz f₀ folgendermaßen dargestellt werden:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 * (C_1 + C_d)}} \quad (1)$$

Dies gibt an, daß die Impedanz bei der Resonanzfrequenz unendlich ist.

Andererseits bilden die äquivalente Induktivität L₀ und die äquivalente elektrostatische Kapazität C₀ des piezoelektrischen Vibrationselements 3 einen Serienresonanzkreis, so daß die Resonanzfrequenz f₀ in diesem Fall gegeben ist als:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_0 * C_0}} \quad (2)$$

Bei der Resonanzfrequenz wird die Impedanz Null.

Es wird folglich offensichtlich, daß das Temperaturfolgevermögen des Ultraschallsensors 21 verbessert wird, indem die Werte der Induktivität L₂ und der elektrostatischen Kapazität C₁ des Temperaturkompensationskondensators 5 geeignet bestimmt werden, um die Impedanz des Ultraschallsensors 21 bei der Resonanzfrequenz auf einen Minimalwert zu zwingen, während gleichzeitig ermöglicht wird, daß der Ultraschallsensor 21 diese Komponenten darin als eingebaute Komponenten enthält.

Ein Ultraschallsensor gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist im allgemeinen durch das Bezugszeichen 31 in Fig. 7A bezeichnet, der eine Schaltungskonfiguration besitzt, die in Fig. 7B dargestellt ist. Der Ultraschallsensor 31 von Fig. 7A entspricht bezüglich der Struktur dem Ultraschallsensor 1 des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß das Übertragerelement 22, das als induktives Element wirksam ist, mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 verbunden ist, wodurch ein LC-Resonanzkreis gebildet wird. Entsprechenden Teilen oder Komponenten sind entsprechende Bezugszeichen zugeordnet, wobei eine detaillierte Erklärung weggelassen wird.

Das Übertragerelement 22 ist jeweils mit den Elektroden 5b, 5c des Temperaturkompensationskondensators 5 über Zuleitungsdrähte 24a, 24b verbunden. Das Übertragerelement 22 ist auch in dem Gehäuse 2 angeordnet und mittels eines elastischen Harzes 7 in dem Gehäuse 2 befestigt. Das Element 22 ist mit Zuleitungsdrähten 8a, 8b verbunden.

Auf diese oben beschriebene Art und Weise kann mit dem Ultraschallsensor 31 gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung der LC-Resonanzkreis in dem Gehäuse 2 angeordnet werden, indem das Übertragerelement 22 zusätzlich mit dem Temperaturkompensationskondensator 5 verbunden wird, wodurch das Temperaturfolgevermögen entsprechend dem des Ultraschallsensors 21 des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels verbessert wird.

Eine Erklärung wird bezüglich praktischer Anwendungsbeispiele des Ultraschallsensors 1 gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel und des Ultraschallsensors 21 des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels vorgelegt. Hinsichtlich der Ultraschallsensoren 1, 21 wurde eine Meßschaltung, die in Fig. 8 gezeigt ist, zur Messung der Temperatureigenschaften derselben verwendet. Bei der Meßschaltung von Fig. 8 bezeichnet das Bezugszeichen "41" ein Oszilloskop, wohingegen "42" einen Funktionsgenerator bezeichnet. Der Funktionsgenerator arbeitet, um einen Ultraschallpuls mit einem Rechtecksignalverlauf bei einer Frequenz von 40 kHz mit einer Pulsbreite von 0,2 Millisekunden, einem Pulszyklus von 50 Hz und einer Spannung von 10 V_{0-p} zu erzeugen, wobei der Puls an einem Ultraschallsensor B anliegt und daraufhin auf eine Reflexionsplatte 43 projiziert wird, die an einer Position angeordnet ist, die für eine Messung eines von derselben reflektierten Ultraschallechos mittels des Ultraschallsensors B etwa 200 mm beabstandet ist, woraufhin ein Übertragungssignalverlauf und deren entsprechender empfangener Signalverlauf an dem Oszilloskop 41 beobachtet wird.

Wie der Ultraschallsensor B wurde der Ultraschallsensor 1 mit den Spezifikationen, die im folgenden dargestellt werden, für eine Messung der Übertragung und des Empfangs von Ultraschallwellen verwendet; daraufhin wurden die in Fig. 9 dargestellten Ergebnisse erhalten.

Der Ultraschallsensor 1 besteht vorzugsweise aus einem PZT-basierten piezoelektrischen Keramikmaterial und umfaßt eine scheibenförmige piezoelektrische Keramikplatte, mit einem Durchmesser von etwa 7 mm und einer Dicke von etwa 0,16 mm, wobei auf beiden Hauptoberflächen derselben Silberelektroden angeordnet sind.

Der Temperaturkompensationskondensator weist einen Mehrschichtkondensator mit Abmessungen von etwa 3,3 mm × 1,6 mm × 0,6 mm aufweist, wobei dessen elektrostatische Kapazität etwa 1400 pF und der Abstand x etwa 2 mm beträgt.

Wie es aus Fig. 9 zu erkennen ist, wurde die Anstiegszeitdauer des Ultraschallpulses, d. h. eine Zeitperiode vom Einleiten einer Übertragung einer Ultraschallwelle bis zu einem Zeitpunkt, bei dem die Intensität des resultierenden Refle-

xionssignals y 2 mV_{pp} (PP = Peak-Peak = Spitze-Spitze) erreicht hat, gemessen, um zu zeigen, daß diese Zeitdauer 1,0 Millisekunden beträgt, wohingegen die Empfindlichkeit 16mV_{pp} beträgt.

Als nächstes wurden die thermischen bzw. Temperatureigenschaften des Ultraschallsensors 1 gemessen, der gemäß den obigen Spezifikationen hergestellt wurde, während die Temperaturmuster einer Umgebung verändert wurden, in der der Ultraschallsensor 1 angeordnet werden soll. Die Ergebnisse sind in Fig. 10 dargestellt. In Fig. 10 gibt die x-Achse die Temperatur an, wohingegen die y-Achse die tatsächlich gemessenen elektrostatischen Kapazitätswerte des Ultraschallsensors angibt. Ferner gibt eine durchgezogene Linie C die Temperatureigenschaft des hierin verwendeten Temperaturkompensationskondensators 5 an, eine durchgezogene Linie D zeigt die Temperatureigenschaft eines Ultraschallsensors ohne den Temperaturkompensationskondensator 5, wobei eine gestrichelte Linie E die Temperatureigenschaft des Ultraschallsensors 1 darstellt, d. h. eines Ultraschallsensors, in dem der Temperaturkompensationskondensator 5 aufgenommen ist.

Aus Fig. 10 wird offensichtlich, daß eine Kombination des Temperaturkompensationskondensators 5 mit dem Sensor eine Unterdrückung einer Änderung der Gesamtkapazität des Ultraschallsensors 1 aufgrund von Temperaturänderungen ermöglicht, wie es durch die gestrichelte Linie E dargestellt ist.

Als nächstes wurde die Temperatureigenschaft bezüglich der Pulsabfallzeitdauer der Ultraschallsensoren 1, 31 und des im Stand der Technik bekannten Ultraschallsensors 61, der in Fig. 12 gezeigt ist, gemessen. Die Ergebnisse sind in Fig. 11 dargestellt. Ein Sensorausführungsmuster mit den vorgeschriebenen Spezifikationen wurde als der Ultraschallsensor 1 verwendet; die Ultraschallsensoren 31, 61 wurden vorbereitet, um die folgenden Spezifikationen aufzuweisen.

Die Spezifikationen des Ultraschallsensors 31 waren dieselben, wie diejenigen des Ultraschallsensors 1, mit der Ausnahme, daß der Sensor 31 ein resistives Element 23 mit einem Widerstandswert von 10 k Ω und ein Übertragungselement 22 mit L₁ = 64 μ H und L₂ = 3,86 mH aufgewiesen hat.

Der im Stand der Technik bekannte Ultraschallsensor 61 hatte dieselben Spezifikationen, wie diejenigen des Ultraschallsensors 1 des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme eines Kondensators, der aus einer dielektrischen Keramikplatte mit Silberelektroden, die einen Durchmesser von 8,3 mm und eine Dicke von 0,51 mm aufweist, besteht, die auf dessen zwei Hauptoberflächen angeordnet sind, und daß der Abstand zwischen dem piezoelektrischen Vibrationselement 63 in Fig. 12 und dem am weitest entfernten Teil des Temperaturkompensationskondensators 65 von dem piezoelektrischen Vibrationselement 63 auf y = 5 mm eingestellt wurde.

In Fig. 11 bezeichnet eine durchgezogene Linie F ein experimentell erhaltenes Ergebnis des im Stand der Technik bekannten Ultraschallsensors, eine gestrichelte Linie G zeigt das Ergebnis des Ultraschallsensors 1 gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, wobei eine durchgezogene Linie H das Ergebnis des Ultraschallsensors 21 gemäß dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist. Die Ergebnisse von Fig. 11 sind ferner in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1

| Kriterien | Pulsanstiegszeitdauer (Millisekunden) | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| | -30°C | 0°C | +25°C | +60°C | +85°C |
| Stand der Technik | 1,06 | 1,02 | 1,00 | 1,14 | 1,25 |
| Ultraschallsensor 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,10 | 1,20 |
| Ultraschallsensor 31 | 0,95 | 1,00 | 1,00 | 1,06 | 1,16 |

Es wird aus Fig. 11 und Tabelle 1 offensichtlich, daß bei den Ultraschallsensoren 1, 31 eine Änderung der Pulsabfallzeitdauer im Vergleich zu dem in Stand der Technik bekannten Ultraschallsensor 61 niedriger bleibt, selbst wenn eine Temperaturänderung an dieselben angelegt wird. Folglich ist ohne weiteres zu erkennen, daß die Ultraschallsensoren 1, 31 im Vergleich zu dem im Stand der Technik bekannten Ultraschallsensor 61 deutlich verbesserte Temperatureigenschaften aufweisen.

Patentansprüche

1. Ultraschallsensor (1) mit folgenden Merkmalen:

einem Gehäuse (2);

einem piezoelektrischen Vibrationselement (3), das in dem Gehäuse (2) gehäust ist;

einem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11), der in dem Gehäuse (2) gehäust ist;

einem Elektrodenpaar (5b, 5c), das auf einer gemeinsamen Oberfläche des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11) vorgesehen ist;

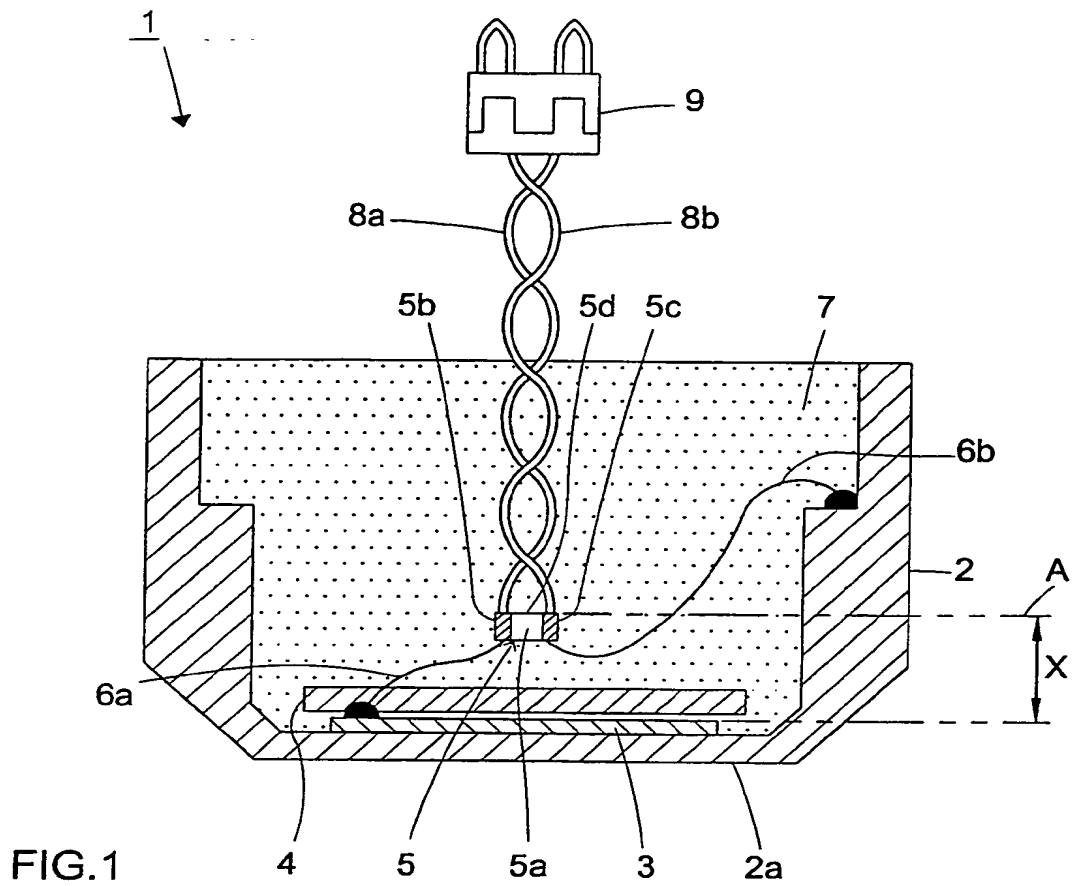
einem Paar von ersten Zuleitungsdrähten (6a, 6b), die das piezoelektrische Element (3) und den Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) jeweils über das Elektrodenpaar (5b, 5c) elektrisch verbinden; und

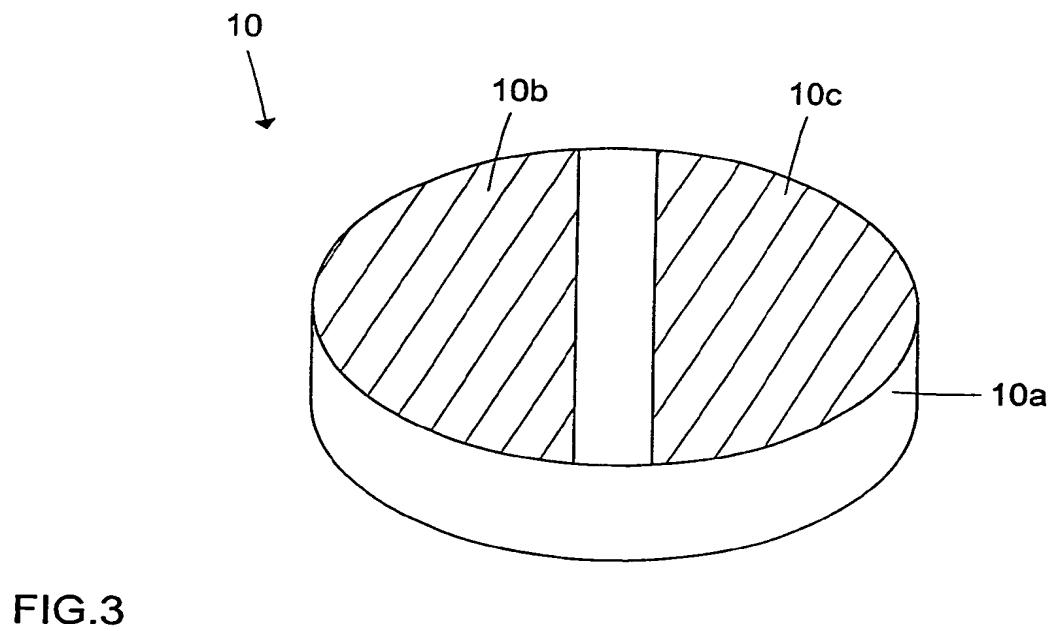
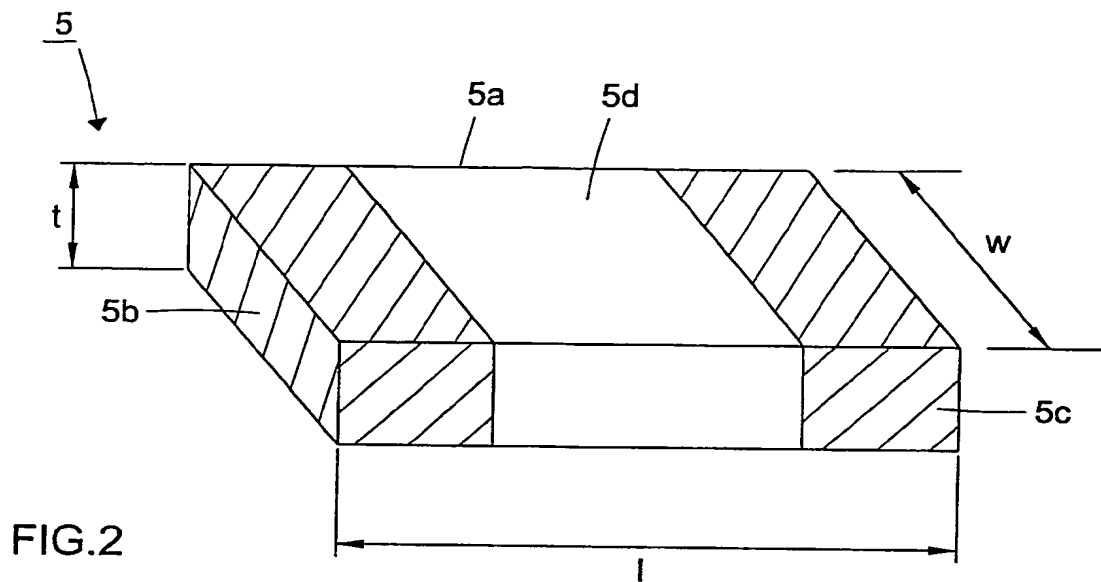
einem Paar von zweiten Zuleitungsdrähten (8a, 8b), die mit dem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) jeweils über das Elektrodenpaar (5b, 5c) verbunden sind und sich von einer Innenseite des Gehäuses (2) zu einer Außenseite des Gehäuses (2) erstrecken.

2. Sensor (1) gemäß Anspruch 1, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) eine Breite aufweist, die weniger als etwa $\lambda/4$ in einer Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt, wobei λ eine Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, die von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) erzeugt wird.
3. Sensor (1) gemäß Anspruch 2, bei dem ein Abstand zwischen einem Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11), der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) beabstandet ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) weniger als etwa $\lambda/4$ in der Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt. 5
4. Sensor (1) gemäß Anspruch 1, bei dem ein Abstand zwischen einem Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11), der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) beabstandet ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) weniger als etwa $\lambda/4$ in einer Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt, wobei λ eine Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, die durch das piezoelektrische Vibrationselement (3) erzeugt wird. 10
5. Sensor (1) gemäß Anspruch 1, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (5) eine im wesentlichen rechtwinklige Form aufweist.
6. Sensor (1) gemäß Anspruch 1, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (10; 11) eine im wesentlichen kreisförmige Form aufweist. 15
7. Ultraschallsensor (1) mit folgenden Merkmalen:
einem Gehäuse (2);
einem piezoelektrischen Vibrationselement (3), das in dem Gehäuse (2) gehäust ist;
einem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11), der in dem Gehäuse (2) gehäust ist; 20
einem Elektrodenpaar (5b, 5c), das auf dem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) angeordnet ist;
einem Paar von ersten Zuleitungsdrähten (6a, 6b), die das piezoelektrische Element (3) und den Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) jeweils über das Elektrodenpaar (5b, 5c) elektrisch verbinden, wobei das erste Paar von Zuleitungsdrähten (6a, 6b) mit einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11) verbunden ist; und 25
einem Paar von zweiten Zuleitungsdrähten (8a, 8b), die mit dem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) jeweils über das Elektrodenpaar (5b, 5c) verbunden sind und sich von einer Innenseite des Gehäuses (2) zu einer Außenseite des Gehäuses (2) erstrecken.
8. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem das zweite Paar von Zuleitungsdrähten (8a, 8b) mit einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11) verbunden ist. 30
9. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem das Elektrodenpaar (5b, 5c), das auf dem Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) vorgesehen ist, auf einer einzigen gemeinsamen Oberfläche des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11) angeordnet ist.
10. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (5; 10; 11) eine Breite aufweist, die weniger als etwa $\lambda/4$ in einer Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt, wobei λ eine Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, die von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) erzeugt wird. 35
11. Sensor (1) gemäß Anspruch 10, bei dem ein Abstand zwischen einem Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11), der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) entfernt ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) weniger als etwa $\lambda/4$ in der Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt. 40
12. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem ein Abstand zwischen einem Abschnitt des Temperaturkompensationskondensators (5; 10; 11), der am weitesten von dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) entfernt ist, und dem piezoelektrischen Vibrationselement (3) weniger als etwa $\lambda/4$ in einer Ausbreitungsrichtung der Ultraschallwelle beträgt, wobei λ eine Wellenlänge einer Ultraschallwelle ist, die durch das piezoelektrische Vibrationselement (3) erzeugt wird. 45
13. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (5) eine im wesentlichen rechtwinklige Form aufweist.
14. Sensor (1) gemäß Anspruch 7, bei dem der Temperaturkompensationskondensator (10; 11) eine im wesentlichen kreisförmige Form aufweist. 50

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





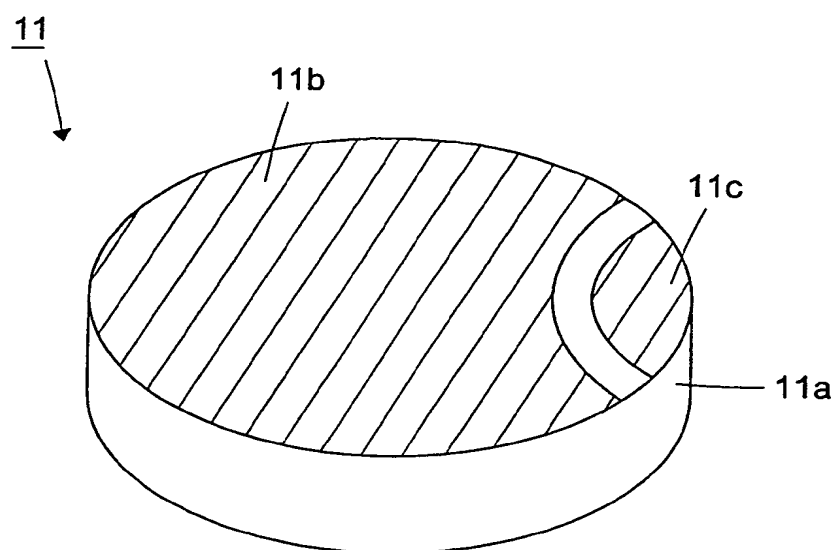
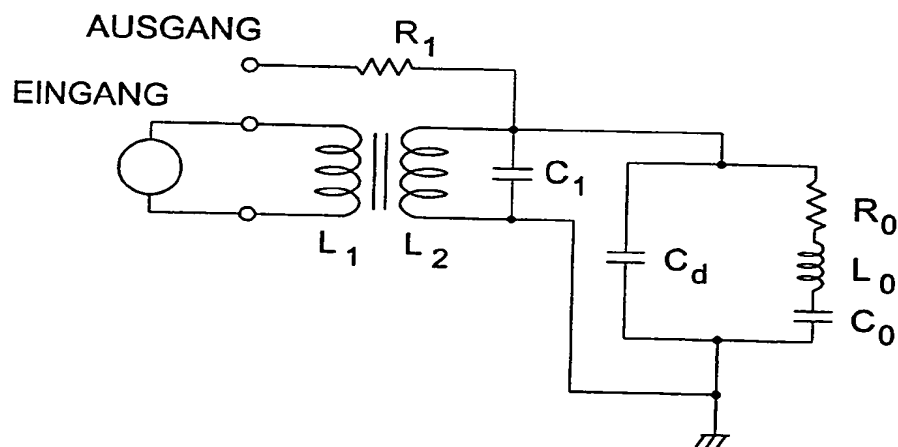
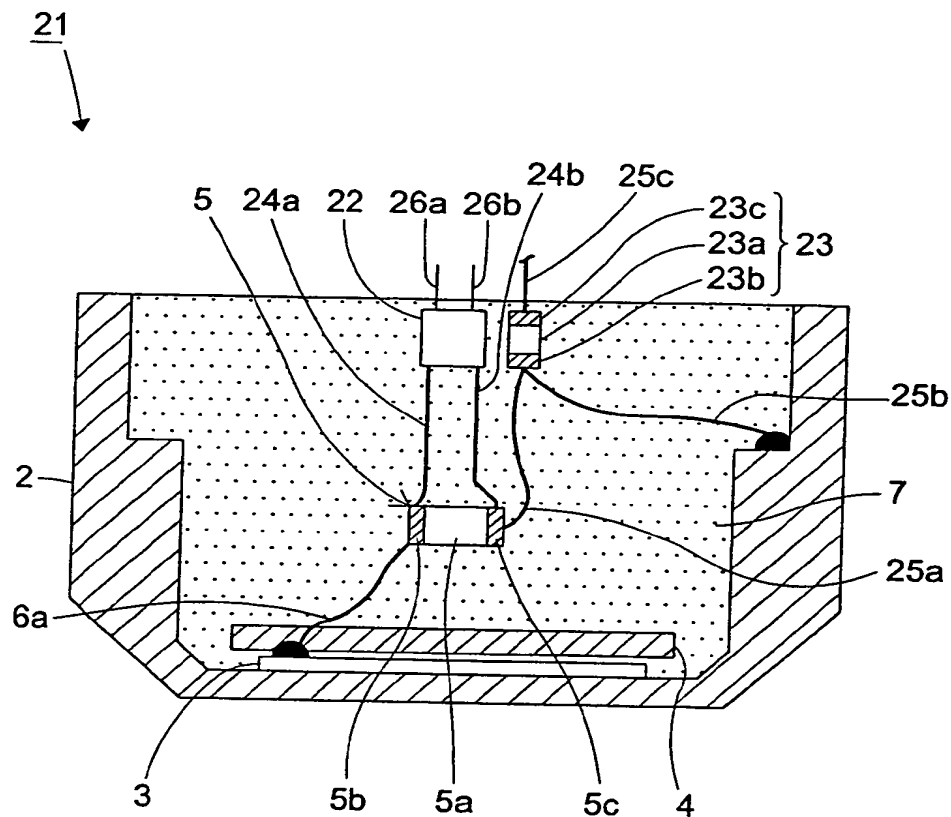
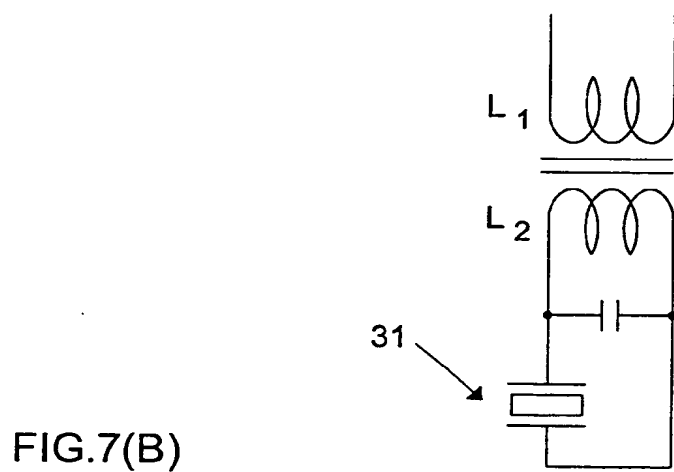
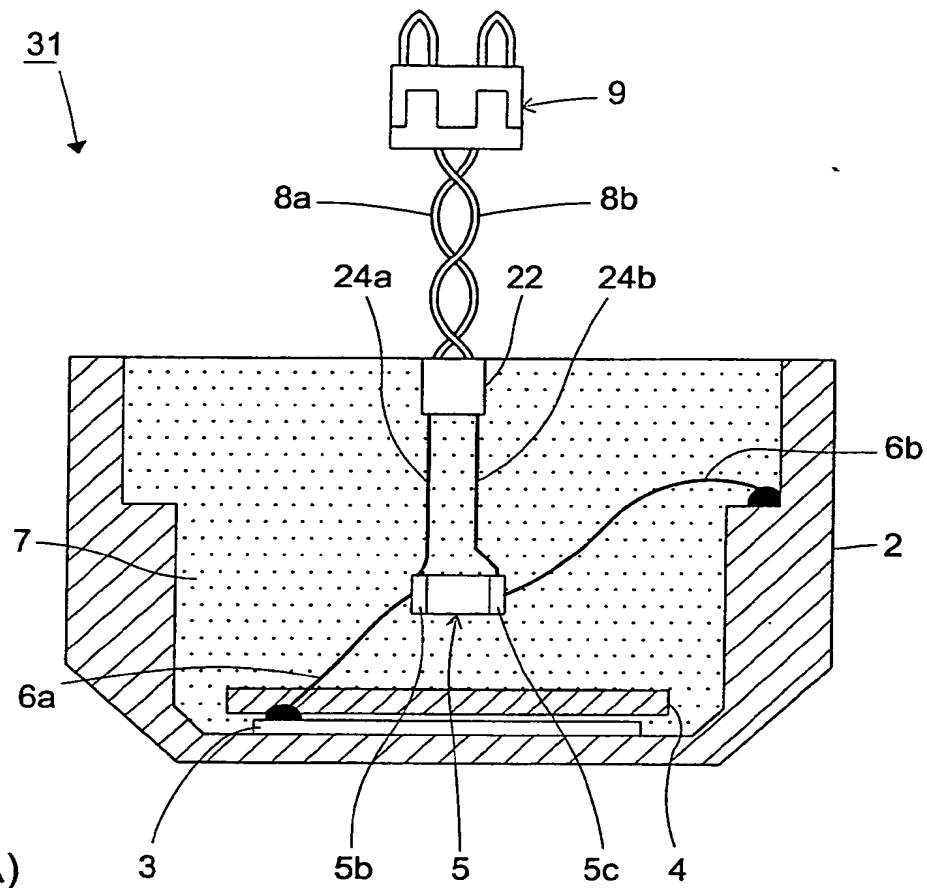


FIG.4





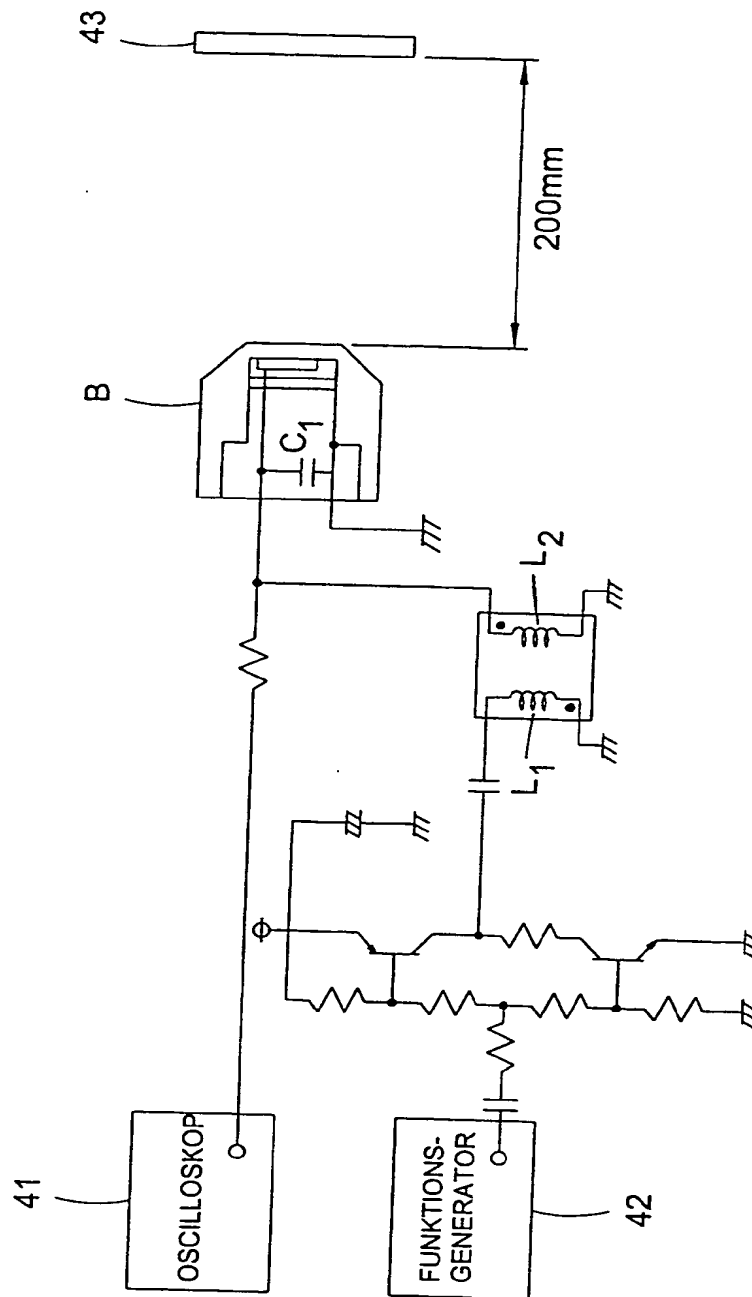


FIG.8

ÜBERTRAGUNGS-UND EMPFANGSSIGNALVERLAUF 0.2mSek

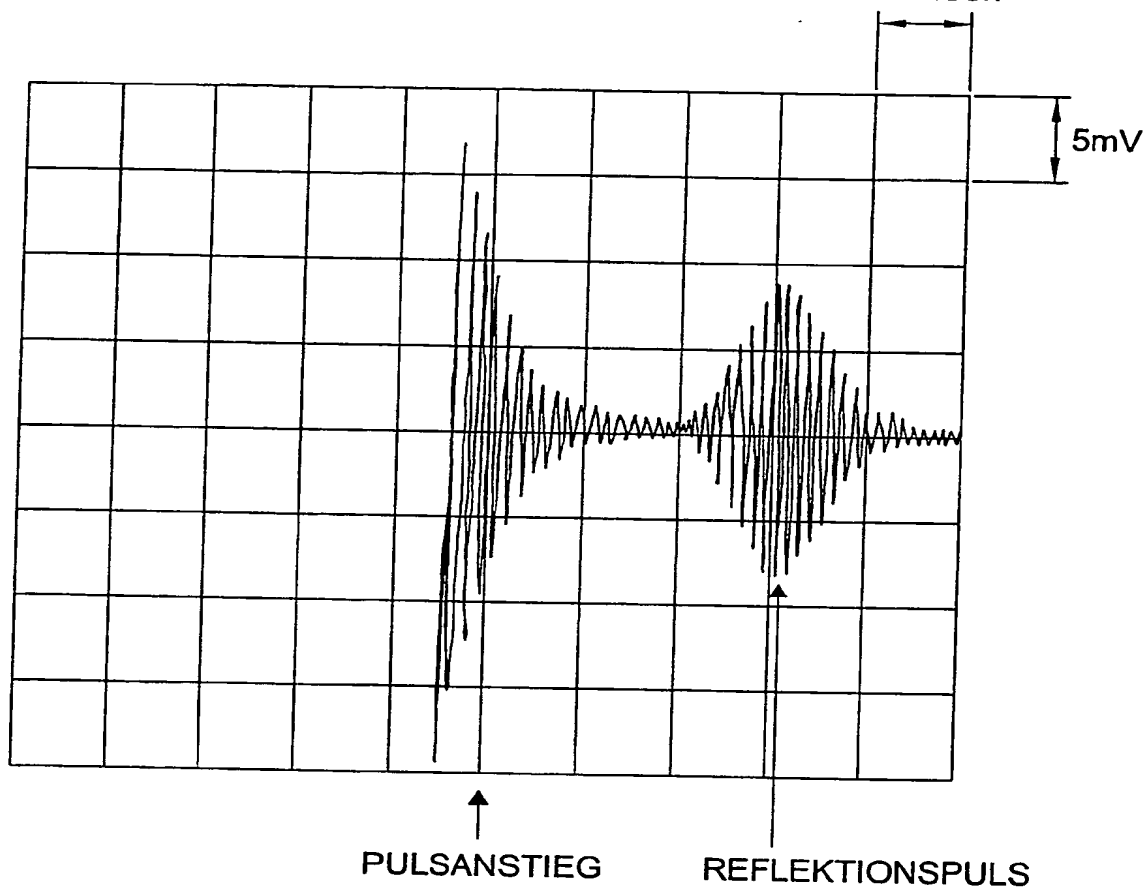


FIG.9

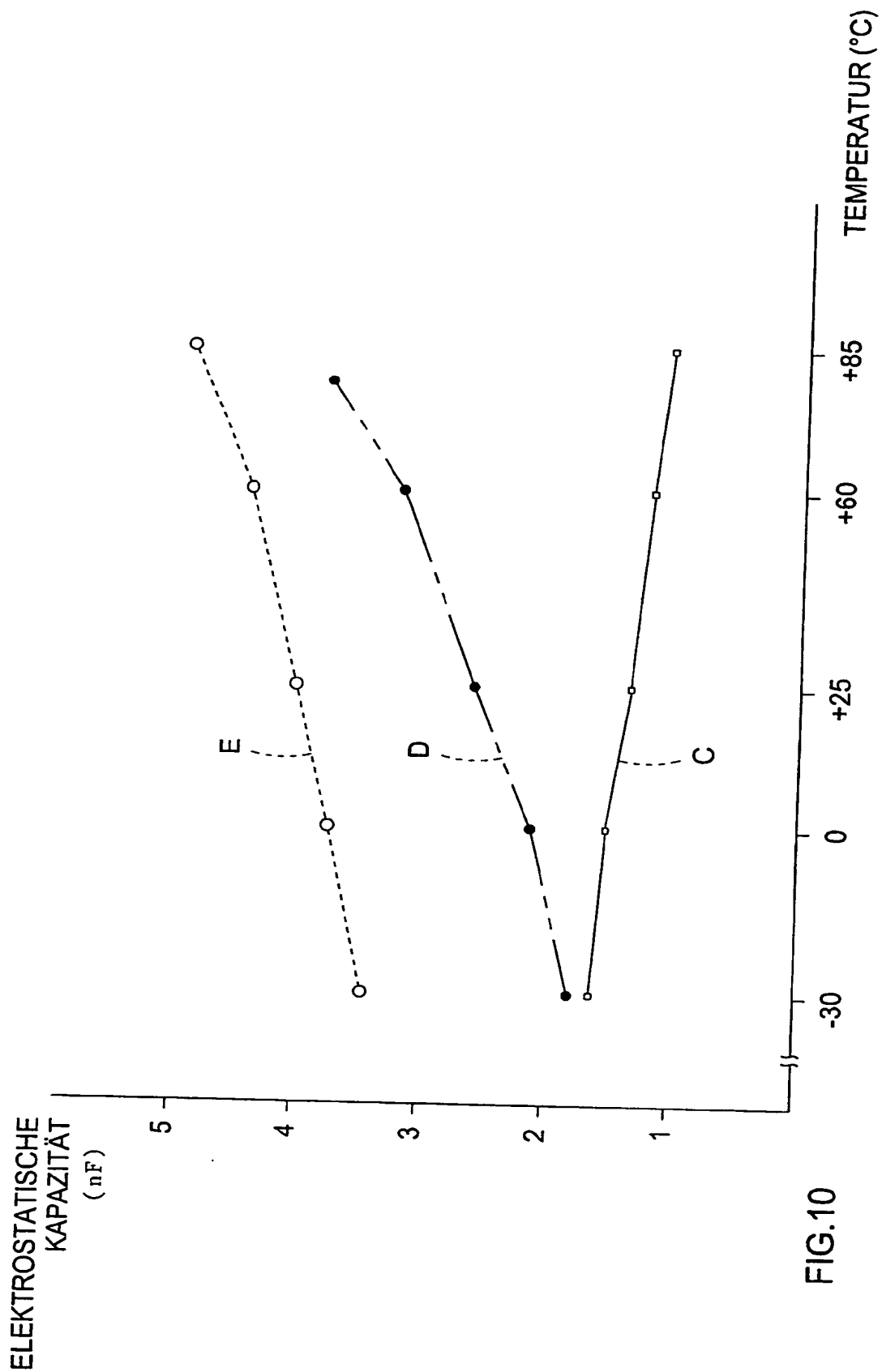
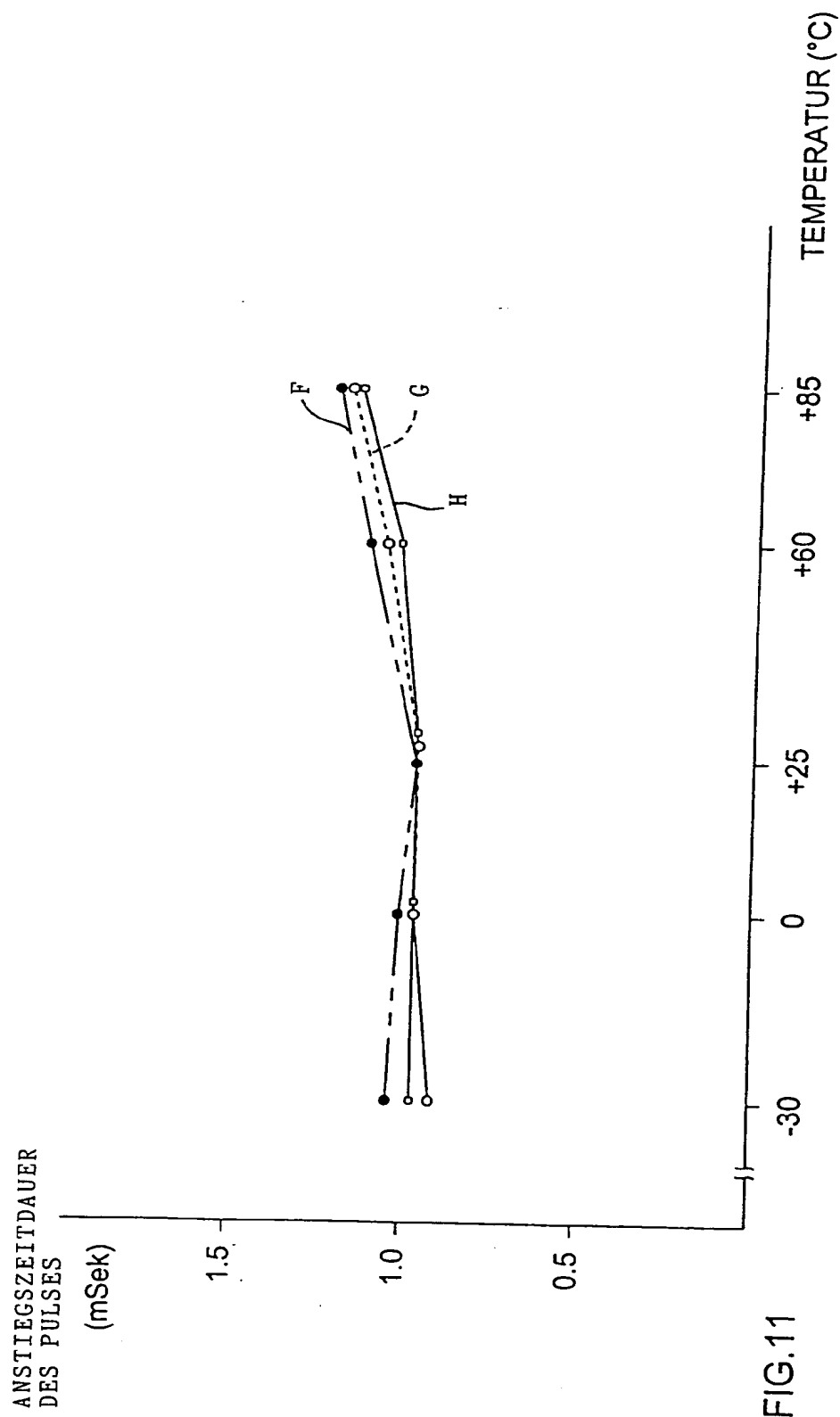


FIG.10



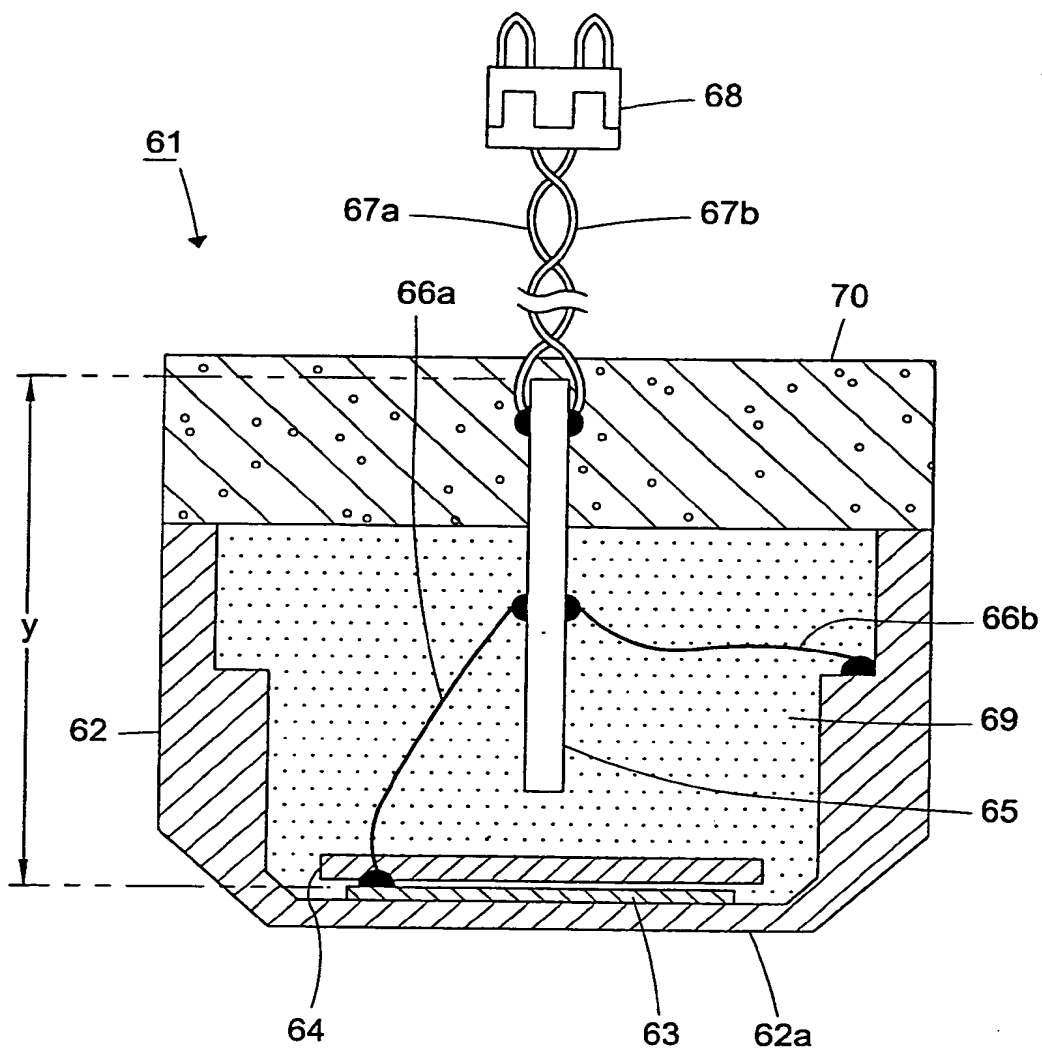


FIG.12 (STAND DER TECHNIK)